

(19) フィル堤体の盛土に伴う基礎岩盤の変形と透水性の変化(その6)

建設省土木研究所 正会員 ○ 松本徳久  
建設省土木研究所 正会員 山口嘉一

Deformation of Dam Foundation and Change of Permeability  
due to Fill Placement in Embankment Dams (Part 6)

Norihiisa MATSUMOTO, Public Works Research Institute, MOC  
Yoshikazu YAMAGUCHI, Public Works Research Institute, MOC

Abstract

The fill placement works on the dam foundation as overburden loading. This loading would compress the foundation resulting in the decrease of permeability in the underground. The authors have already proved the above-mentioned viewpoint through field measurements at five damsites. It is very useful to explicate the mechanism for the effective execution of foundation treatments, particularly grouting. However in order to introduce the above-mentioned viewpoint into the design and the execution of foundation treatments, more observed data have to be collected. Therefore, this time, the authors performed similar field measurements at two damsites which are composed of comparatively hard rocks but have many fissures. The results of these measurements are reported and the authors investigated how to utilize these results for the design and the execution of foundation treatments.

1. はじめに

フィル堤体の盛土に伴い基礎岩盤が圧縮され、その結果基礎の透水性が改善されるものとする。筆者らは、既に硬岩、軟岩、砂礫といった種々の地盤のダムサイトにおける実測により、この考えが正しいことを実証している。<sup>1)~6)</sup> 透水性の改善の度合は基礎地盤の種類により様々であるが、透水性の改善は卓越した水みちとなる割れ目の閉塞に起因していることを簡単な基礎地盤モデル<sup>6)</sup>により確認している。

上記の主旨の実測を多くのダムサイトで実施し、透水性の改善傾向を基礎地盤のなんらかのファクタと関連させて定量的に説明することが可能になれば、その関係を利用してダム基礎の浸透流制御、特にグラウチングの効果的な設計施工の遂行に大いに役立つものとする。そこで今回も、データの蓄積に努める目的で比較的硬い岩により基礎地盤が構成されている2つのフィルダムにおいて、上記の主旨の実測を行ったのでその結果について報告する。また、これらのデータの基礎浸透流制御法への適用法についても検討してみた。

2. Sダムの例

2. 1 ダムサイトの地質および実測概要

Sダムサイトの基礎は、泥質片状ホルンフェルスを中心に、その他珪質片状ホルンフェルス、砂質片状ホルンフェルス、緑岩類およびひん岩により構成されている(図-1参照)。また、ダムサイトにはかなりの数の断層や泥質片状ホルンフェルスが石墨化したシアーズンが存在している。

泥質片状ホルンフェルスの岩片は、未風化部分であれば比重が約2.7、吸水率が約0.5%、一軸圧縮強度は

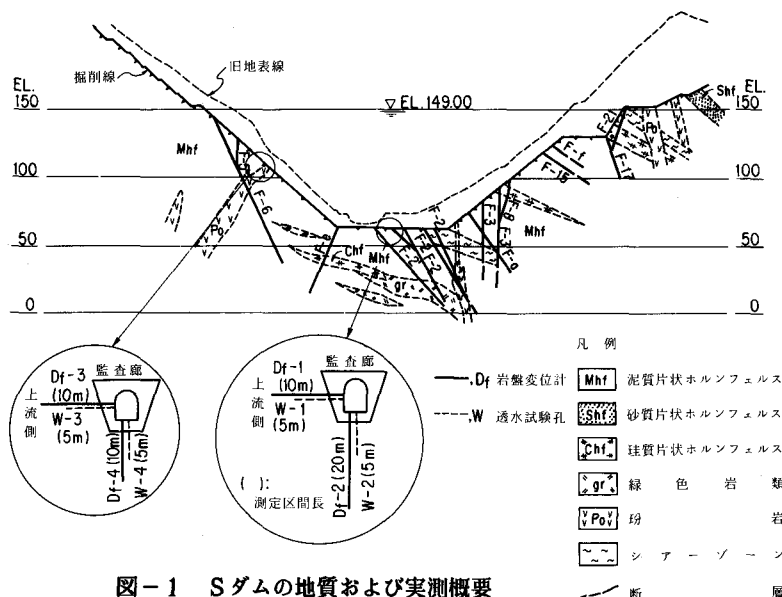


図-1 Sダムの地質および実測概要

1000kgf/cm<sup>2</sup> 以上とかなり堅固ものであるが、実測地点のボーリングコアを観測すると棒状のものも見られるが、角礫状のものが多く、岩盤としてはほぼC<sub>H</sub>級と考えてよい。

上記のような地質状況のなかで、図-1に示すように河床部と左岸アバットメントの中位標高部に岩盤変位計と透水試験孔を設置して、堤体盛立に伴う基礎岩盤の変形と透水性の変化に関する実測を行った。

## 2.2 実測結果

Sダムの堤体盛立に伴うルジオン値と岩盤変位量の変化を示したものを図-2に、また、各ルジオンテストのp-q曲線を図-3に示す。なお、p-q曲線は昇圧段階と降圧段階でほぼ同路をたどっているため昇圧段階のみを描いた。この事実は、ルジオンテスト中の地盤の目詰まりが発生していないという裏付けとなる。これらの図面から以下のことが言える。

### (河床部)

- ① W-1、2から得られるルジオン値は、ある盛土高のところで一度大きくなるもののその後の盛土により小さくなる傾向を示している。しかし、盛土高0mの時の初期ルジオン値以下にまでは小さくなっていない。
- ② Df-2よりもとまる鉛直方向の岩盤変位は盛土高にほぼ比例して圧縮側に増加しているが、Df-1よりもとまる水平方向の岩盤変位は盛り開始時からほとんど変化していない。

なお、Df-2の実測変位量より計算できる岩盤の鉛直方向歪とコアの土柱重量（コアの湿潤密度は2.175t/m<sup>3</sup>）からもとまる岩盤の弾性係数は約8000kgf/cm<sup>2</sup>である。

- ③ ①で示したルジオン値の増加を岩盤の引張変位との対応で説明することはできない。また、ルジオン値が増加する直前のルジオンテストにおけるp-q曲線を見る限り、そのルジオンテストにより試験孔周辺の岩盤を破壊したとも考えられない。さらに、ボーリングコアが角礫状になっている部分も多いことを考慮すると、ルジオン値の増加は試験孔掘削による周辺地盤の緩みの影響がなんらかの形で現われたのではないかと考える。

### (左岸アバットメント部)

- ④ 鉛直孔であるW-4よりもとまるルジオン値は盛土に伴い徐々に低減する傾向にあるが、水平孔であるW-3よりもとまるルジオン値は最終回の試験における値は小さくなる傾向にあるがそれ以前はほぼ

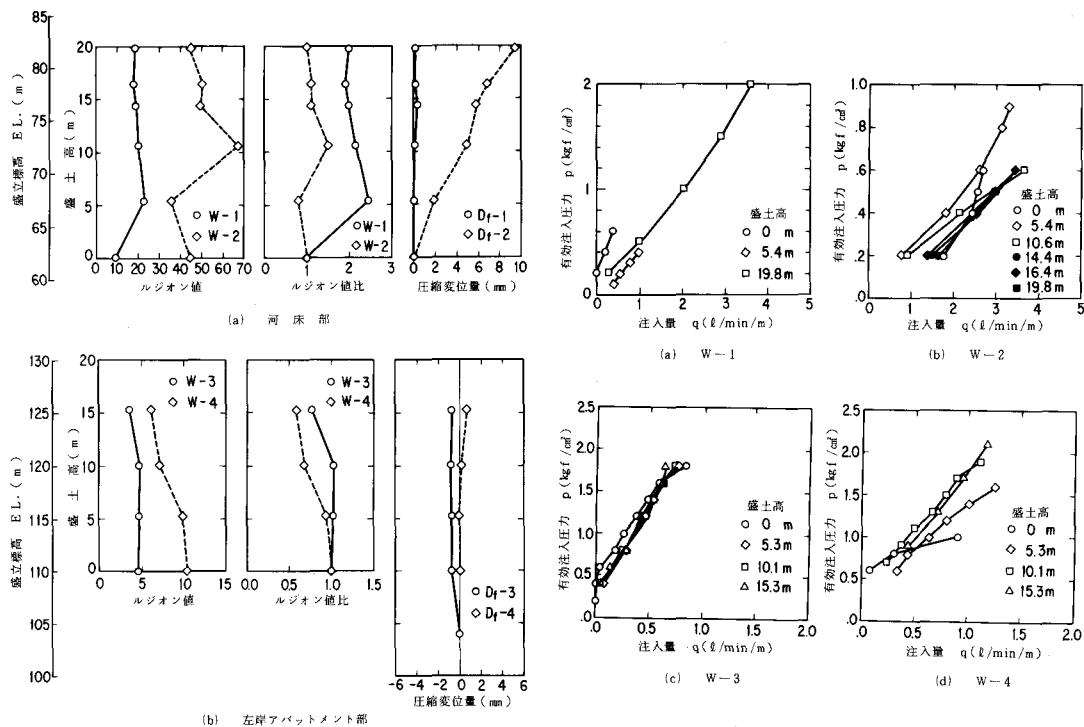


図-3 p-q曲線

図-2 盛土高とルジオン値および岩盤変位量の関係

一定値を示している。

- ⑤ D f-3よりもとまる水平方向変位は、測定開始当初は引張方向に発生するが、透水試験を開始した後はほとんど変化していない。D f-4によりもとまる鉛直方向変位は、盛土に伴い徐々に圧縮方向に増加する傾向にあるが、その絶対値はD f-2の実測値よりも約1オーダー小さい。この原因としては、両岩盤変位計が設置されている部分の地形の違いの他に、D f-2周辺は泥質片状ホルンフェルスのみで構成されているのに対し、D f-4周辺は泥質片状ホルンフェルスのほか珪質片状ホルンフェルス、ひん岩が複雑に入り組んでいるという地質の違いなどが考えられる。
- ⑥ 河床部に比べると、岩盤の変位と透水性の変化をある程度うまく対応づけて説明することができる。

### 3. Yダムの例

#### 3.1 ダムサイトの地質および実測概要

Yダムサイトの基盤岩は、片麻状花崗閃緑岩を主に、これと互層を成す縞状片麻岩類とから構成されている。このような地質状況のなか、堤体盛土に伴う基礎岩盤の変形と透水性の変化の実測を行ったのは左岸アバットメント部である(図-4参照)。この周辺の岩盤は、岩自身は比較的堅固であるが、片理面沿いには脆弱で、岩級区分でいくとC<sub>N</sub>級岩盤である。また、この地点のボーリングコアは、Sダムのそれよりも棒状のものが多く。

#### 3.2 実測結果

Yダムの堤体盛土に伴うルジオン値と岩盤変位量の変化を図-5に示す。なお、Yダムにおけるルジオンテストは、有効注入圧力0.5, 2.0 kgf/cm<sup>2</sup>の往復で実施し、昇圧時の2点を結ぶ直線によりルジオン値を決定したので、ここでは敢えてそのp-q曲線を示さない。図-5より以下のことが言える。

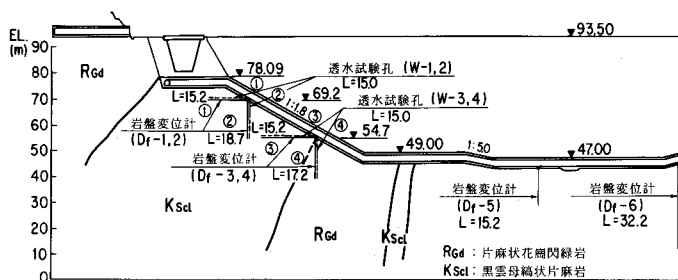


図-4 Yダムの地質および実測概要

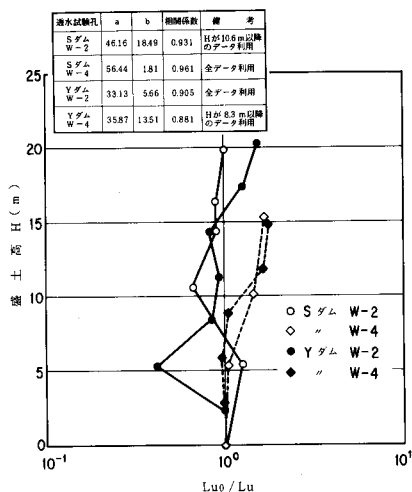
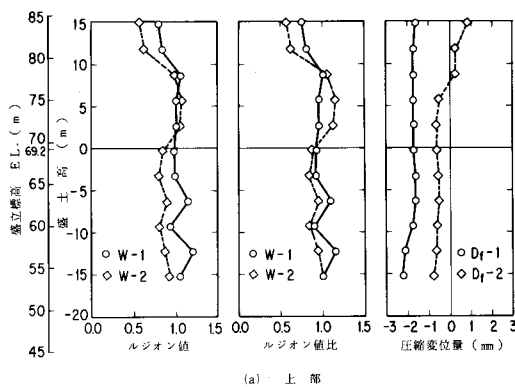
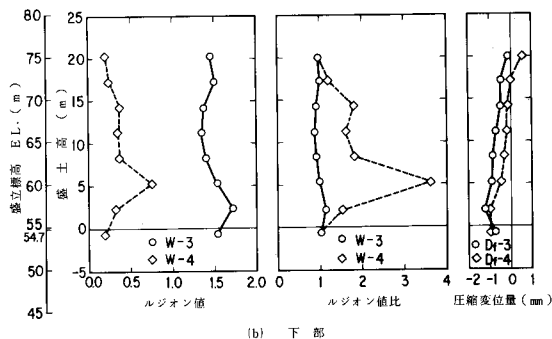


図-6 ルジオン値と盛土高の関係



(a) 上部



(b) 下部

\*) ここにルジオン値比とは、各盛土高時のルジオン値を初回のルジオン値で除したものである。

図-5 盛土高とルジオン値および岩盤変位量の関係

- ① 実測実施地点の透水性は、1～2Lu程度とかなり小さい。そのため、盛土に伴うルジオン値の減少についてはその精度を考慮すると定量的に厳密なことは言えないが、盛土高が0mを越した後W-1, 2, 4については透水性に減少傾向がみられる反面、W-3についてはルジオンテストの誤差範囲内で変動しているようである。
- ② 鉛直方向の岩盤変位は、盛土高15～20m程度で1.5～2.0mm程度圧縮方向に発生している。一方、水平方向の岩盤変位は、Df-3では盛土高20m程度で約1.0mm 圧縮方向に発生しているが、Df-1では盛土高0mを過ぎた後はほぼ一定値を示している。この差異の原因としては、岩盤の変形性の差異、岩盤変位計の設置異常等が考えられるが断定的なことは言えない。  
 なお、図中の初回変位量が引張側にあるのは、岩盤変位計を設置した後、最初のルジオンテスト実施までの間の岩盤緩みの影響だと考える。
- ③ 圧縮側の岩盤変位とルジオン値の減少が対応しているのは鉛直方向のみである。

#### 4. 設計への適用

今まで、堤体の盛土に伴う基礎地盤の変形と透水性の変化の実測により確認してきたのは、基礎地盤の浸透流モデルを作成し、変形量と透水性の関係を説明するためのモデルのある係数を決定することによりダム基礎浸透流制御の設計に役立てたいと考えたためである。しかし、今回の実測実施サイトのように亀裂が卓越した水みちとなるような地盤用に筆者らが提案した地盤モデル<sup>6)</sup>では、基礎地盤の亀裂本数等の不確実な要素を設定しなければならず、設計に適用する際の精度にやや疑問が残る。そこでここでは、基礎地盤モデルを介さずに設計が行えるように、作用応力(両ダムとも透水試験孔付近に土圧計が設置されていないため盛土高で代用)と透水性の関係を求めることにし、ダムサイトの透水性調査としては一般的な鉛直方向のルジオンテスト結果と盛土高の関係を図-6にまとめた。なお、図中には、両者の関係を次式で近似した場合の係数を整理しておいた。

$$H = a \log_{10} (L u_0 / L u) + b \quad \text{-----} \quad (1)$$

ここに、Hは盛土高(m)、 $L u_0$ 、 $L u$ は初期ルジオン値と各盛土高時のルジオン値である。また、a、bは、係数である。

盛立試験か、実際の築堤時の初期実測の結果を式(1)に従い整理し、かつ築堤、湛水解析を行うことによりダム完成後の基礎地盤への作用応力の増加を知ることにより透水性の減少を基礎地盤モデルを介さずに予測できることになるので非常に有用である。

## 5. おわりに

本論文をまとめると以下の通りである。

- ① 比較的硬い岩により基礎地盤が構成されている2つのフィルダムにおいて、堤体盛土に伴う基礎岩盤の変形と透水性の変化についての実測を行った。
- ② その結果、初回のルジオン値と最終回のルジオン値を比較するとほぼ同程度かせいぜい2～3割程度の減少であり、他ダムの例と比較した場合極端な透水性の改善とは言えない。
- ③ 全ての透水性の変化を岩盤変位量と対応させてうまく説明できなかったが、概して鉛直方向については説明できるものが多かった。ただ、この原因は何かを断定することはできなかった。
- ④ 上記の実測データを作用応力(盛土高)とルジオン値の関係(式(1))としてまとめることにより設計への適用が容易になることを示した。

最後に、現場計測にあたり、山口県周南総合開発事務所および大島土木事務所の関係各位には並々ならぬ御協力を賜った。末筆ながら記して謝意を表する次第である。

## <参考文献>

- 1) 松本徳久・池田隆：フィル堤体の盛土に伴うアバットメントの変形と透水性の変化、第16回岩盤力学に関するシンポジウム、1984年2月。
- 2) 松本徳久・山口嘉一：フィル堤体の盛土に伴うアバットメントの変形と透水性の変化一片岩の場合ー第17回岩盤力学に関するシンポジウム、1985年2月。
- 3) 松本徳久・山口嘉一：フィル堤体の盛土に伴う基礎岩盤の変形と透水性の変化(その3)、第18回岩盤力学に関するシンポジウム、1986年2月。
- 4) 松本徳久・山口嘉一：フィル堤体の盛土に伴う基礎岩盤の変形と透水性の変化(その4)、第19回岩盤力学に関するシンポジウム、1987年2月。
- 5) 松本徳久・山口嘉一：フィル堤体の盛土に伴う基礎岩盤の変形と透水性の変化(その5)、第20回岩盤力学に関するシンポジウム、1988年2月。
- 6) 松本徳久・山口嘉一：フィル堤体の盛土に伴う基礎岩盤の変形と透水性の変化、土木学会論文集、第370号、1986年6月。